

них матеріалів по литьовій технології. Оцінен вклад механохімічної активації в формування структури і свойств силікатних композитів неавтоклавної твердіння. Отримані залежності дозволяють регулювати процесів структуроутворення і рівень свойств силікатних композитів неавтоклавної твердіння.

Список літератури: 1. *Шинкевич О.С.* Розвиток наукових основ отримання вапняно-кремнеземистих будівельних композитів неавтоклавної твердіння: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. тех. наук: спец. 05.23.05 «Строит. матер. і изд.» / *О.С. Шинкевич*. – Одеса, 2008. – 32 с. 2. *Lyashenko T.* Experimental-statistical Modeling the Effect of Multi-fractional Filler on Rheological Indices of Compositions : Proceedings of Fifth European Rheology Conference / [T. Lyashenko, I. Barabash, E. Shinkevich and others]. – Ljubljana, 1996. – P. 104 – 105. 3. *Шинкевич Е.С.* Силікатні матеріали неавтоклавної твердіння: технологія, свойства: Матеріали міжнародного конгресу Наука і інновації в будівництві SIB 2008 (Сучасні проблеми будівельного матеріалознавства і технології) / [Е.С. Шинкевич, Е.С. Луцкин, А.А. Койчев, Г.Г.Бондаренко]. – Воронеж: 2008. – Том 1, Книга 2. – С. 659 – 667. 3. 4. *Вознесенский В.А.* ЭВМ и оптимизация композиционных материалов / [В.А. Вознесенский, Т.В. Ляшенко, Я.П. Иванов, И.И. Николов]. – К.: Будівельник, 1989. – 240 с.

Поступила в редколлегию 25.05.09

УДК. 537. 531: 621. 539.3

А.В. БАШТА, канд. техн. наук, НУХТ, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МІЦНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ТУГОПЛАВКИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПОВТОРНО-ЗМІННОМУ НАВАНТАЖЕННІ

У статті представлені методика і результати експериментальних досліджень структурної міцності тугоплавких матеріалів при повторно-змінному симетричному навантаженні. Зроблена спроба проаналізувати вплив різних технологічних факторів на фізико-механічні властивості матеріалів, які досліджуються

In paper are presented the methodology and results of experimental researches of the structural strength of refractory materials re-alternating symmetris loading. Was made an attempt to analyze the impact of various technological factors on the physical and mechanical properties of materials that are researched.

Постановка задачі дослідження. Поліпшення характеристик міцності шляхом напилення, обробки поверхонь елементів високотемпературними га-

зовими середовищами, просякнення їх різними речовинами, створення композитів і т.п. дає можливість суттєво модифікувати сучасні конструкційні матеріали. В той же час викликає необхідність вивчення їх фізико-механічних властивостей, оскільки такі технологічні методи призводять до утворення структурної неоднорідності матеріалу елементів конструкції.

Мета дослідження. Однією з ефективних, а відповідно і прогресивних технологій є лазерно-радіаційно-акустична обробка поверхонь матеріалу, яка змінюючи структуру приповерхневих шарів, створює, таким чином, загальну неоднорідність в поперечних перерізах зразків, що досліджувалися.

Результати роботи. Визначення характеристик міцності матеріалу зразків, які піддавалися впливу (дії) вказаних фізичних полів, проводилися на модернізованій випробувальній установці ЧКЗ-1 (рис. 1), що створена в інституті проблем міцності НАН України. Установка дає змогу проводити випробування матеріалів на втому при чистому круговому згині (рис. 2), в умовах нормальних температур.

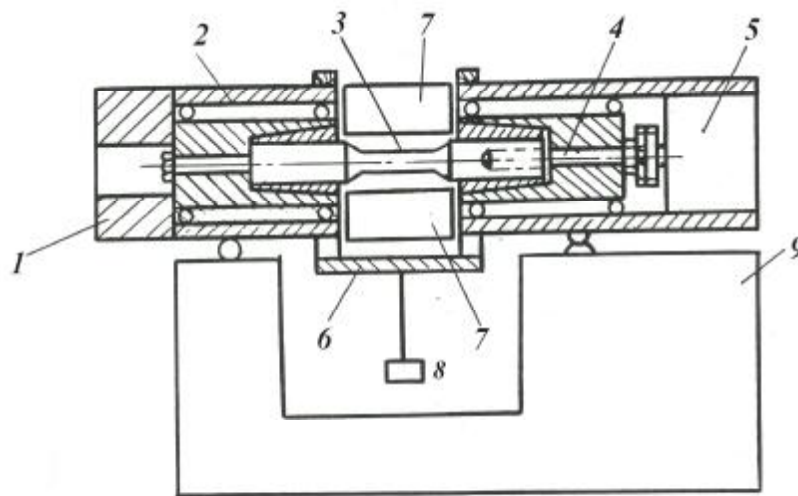


Рис. 1. Принципова блок-схема випробувальної установки ЧКЗ-1
1 – 7 вузол циклічного навантаження та система контролю, 3 – дослідний зразок,
8 – набір змінних ваг, 9 – металева станина

Особливістю вузла навантаження є не тільки широкий діапазон амплітуд повторно-змінних механічних напружень (від 100 Па до 880 Па), але й відносно висока точність установа та підтримання діючого на зразок навантаження. Відносна похибка визначення амплітуд змінних навантажень не перевищує 1,5 % при частоті коливань від 10 до 120 гц. Для проведення досліджень було вибрано стандартний круглий зразок з концентратором коніч-

ного виду в його робочій зоні, а також круглий галтельний при довжині 140 мм (рис. 2).

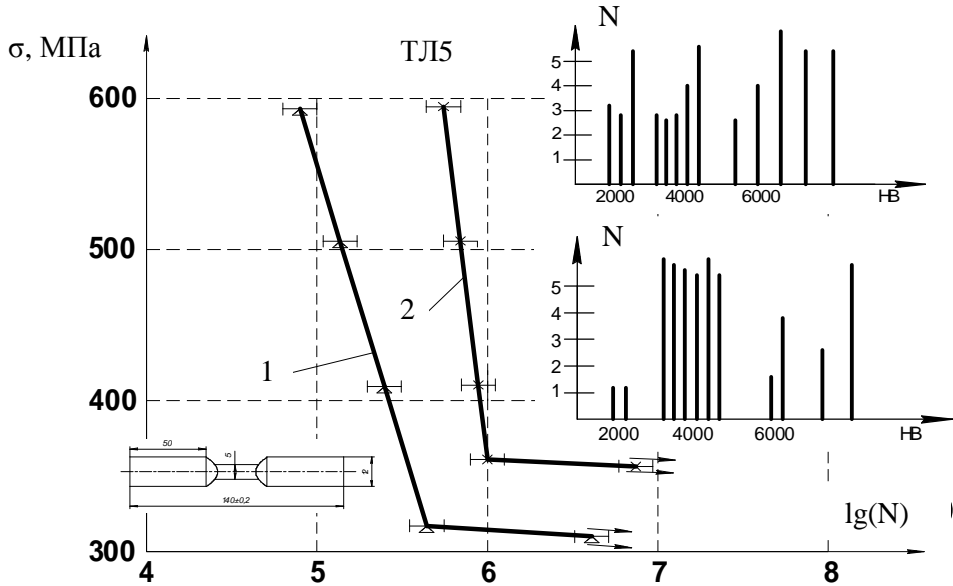


Рис. 2. Криві втоми матеріалів: 1 – до обробки; 2 – після обробки.

Установка дає змогу проводити випробування матеріалів на втому при чистому круговому згині (рис. 3), в умовах нормальних температур.

Особливістю вузла навантаження є не тільки широкий діапазон амплітуд повторно-змінних механічних напружень (від 100 Па до 880 Па), але й відносно висока точність установа та підтримання діючого на зразок зусилля навантаження. Відносна похибка визначення амплітуд змінних навантажень не перевищує 1,5 % при частоті коливань від 10 до 120 гц.

Для проведення досліджень було вибрано круглий стандартний зразок з концентратором конічного виду в його робочій зоні, а також круглий галтельний при довжині 140 мм (рис. 2).

Тривалість і рівень впливу та його інтенсивність на кожну окрему партію зразків підбиралися дослідним шляхом.

Результати випробувань зразків попередньо підданих дії вибраного одного фактора чи їх комбінації порівнювалися й аналізувалися з даними еталонної партії. При статистичному обробленні результатів досліджень проводилися визначення основної відносної похибки і порівнювалися з нормативними значеннями.

Дослідження характеристик міцності матеріалу неоднорідної, після лазерної, радіаційної та акустичної обробки структури, проводилися на зразках, виготовлених із тугоплавких вольфрамо-титанових сплавів ТЛ5, ВТ8 і ВТ10.

Для рівномірного розподілу енергії мілісекундних імпульсів лазерного опромінення на поверхні зразка та для запобігання плавленню металу в локальних місцях нами використовувалося епоксидополімерне, з наповненням алюмінієвим порошком, покриття його робочої зони.

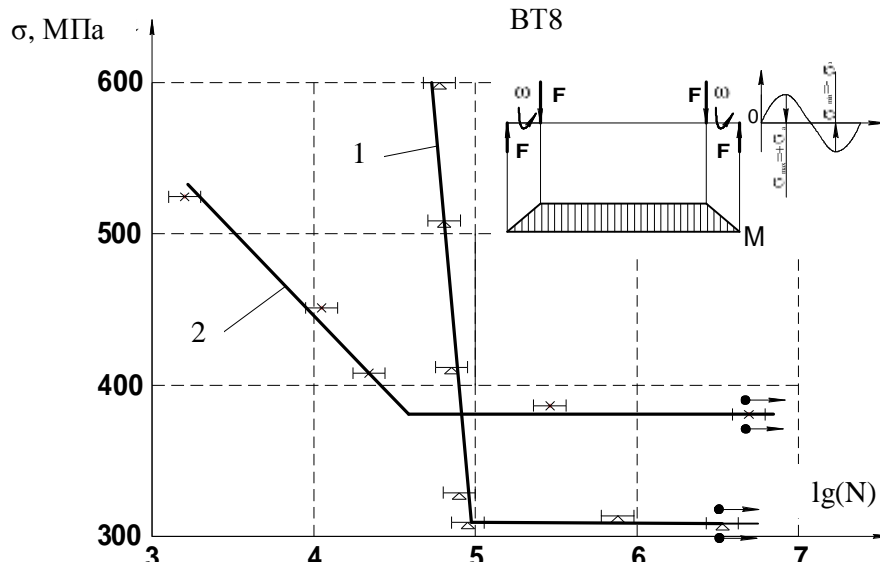


Рис. 3. Криві втоми матеріалів: 1 – до обробки; 2 – після обробки.

Схема покриття показана на рис. 4.

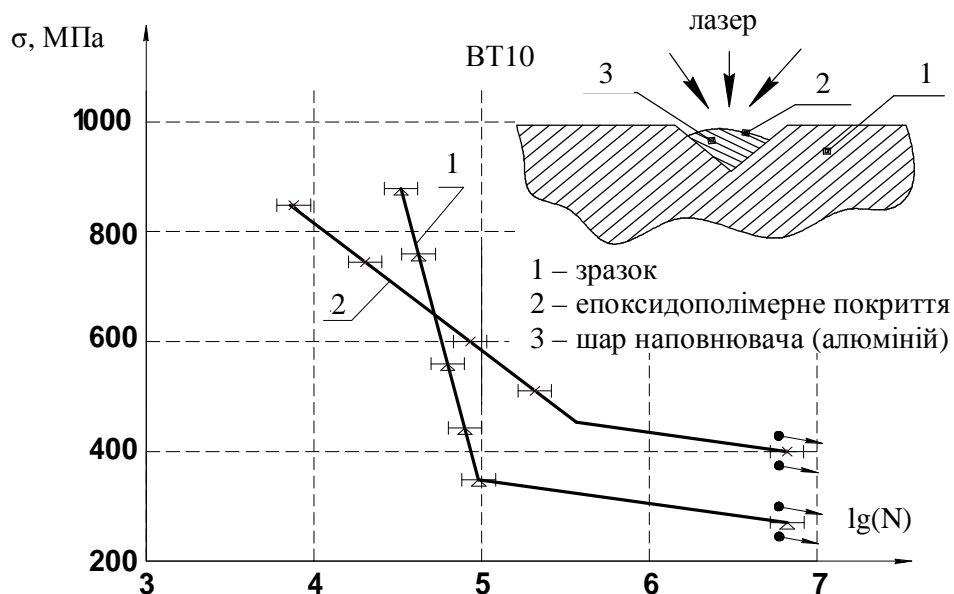


Рис. 4. Криві втоми матеріалів: 1 – до обробки; 2 – після обробки.

Аналіз експериментальних даних на втому VT8 і VT10 дозволяє стверджувати, що після лазерної обробки зразків при значних навантаженнях від-

бувається відчутне зменшення їх міцності. За допомогою термопар встановлено, що зразки після такої обробки під час випробування нагрівалися набагато інтенсивніше порівняно із необробленими.

Добре відомо, що величина температури нагрівання зразків під час циклічних навантажень залежить як від величини виникаючих напружень [1, 2], так і від швидкості руху вільних дислокацій [3]. І тому можна стверджувати, що зменшення міцності на втому, при великих значеннях діючих напружень, відбувалося через виникнення далекодіючих полів залишкових напружень у матеріалі.

Такі напруження, вважаємо, зумовлені утворенням нітридів титану в його приповерхневих шарах.

Дослідження зразків після випробувань дало можливість встановити дві характерні зони їх руйнування: в приповерхневому об'ємі вона крихка, а в основному тілі зразка – в'язка.

Відмічене незначне зниження мікротвердості поверхні зумовлено, на наш погляд, також виникненням у периферійних шарах матеріалу вказаних додаткових напружень, викликаних лазерним опромінюванням [4].

Водночас необхідно відмітити суттєве зміцнення зразків після комбінованої дії – спочатку лазерне азотування, а потім радіаційне їх опромінювання в зоні напружень близьких до границі витривалості.

Так зростання значення величини границі витривалості становило майже 18 % (рис. 3 та рис. 4).

Лазерне азотування зразків перед випробуваннями на втому проводилося в середовищі рідкого азоту.

Промінь лазера падав на поверхню зразка і, пройшовши через шар рідкого азоту, спричиняв вибухове його випаровування з утворенням в приповерхневих шарах матеріалу нітридів титану.

Тривалість лазерного імпульсу становила 50 н.с., довжина хвилі та щільність потужності випромінювання складали відповідно $\lambda = 1,6 \text{ см}$ і $P = 2 \cdot 10^9 \text{ Вт/см}^2$.

При такому методі обробки мікротвердість досліджуваних матеріалів в приповерхневих шарах зросла на 35 – 38 %.

Наступне радіаційне опромінювання дало змогу суттєво змінювати структуру сплаву і впливати на поля виникаючих залишкових напружень шляхом подрібнення нітридних зерен, усереднюючи і навіть знижуючи при цьому величини цих напружень.

Отже, лазерно-радіаційна обробка поверхні зразка дає можливість, з одного боку, поліпшити його зносостійкість, а з другого – знижуючи витривалість при високих значеннях напружень, помітно зменшити вплив залишкових напружень при величинах, близьких до границі витривалості і тим самим помітно збільшити її величину.

Таким чином, є підстави стверджувати, що комбінована лазерно-радіаційна обробка елементів конструкцій із вольфрамотитанових сплавів дає можливість суттєво підвищити їх опір руйнуванню від дії різних механічних факторів.

Експериментально встановлено також, що лазерно-акустична обробка робочої зони зразків, виготовлених із матеріалу ТЛ5 дає можливість досягти відчутного збільшення витривалості практично протягом всього діапазону випробувань (рис. 3). Величина границі витривалості зросла на 12 – 15 % від її початкового значення. При цьому знову ж таки змінюється сам характер руйнування матеріалу від втоми.

Так, якщо у вихідному стані матеріал руйнувався з ознаками крихкого руйнування, то після лазерно-акустичного оброблення зразків спостерігалися вже характерні ознаки пластичного руйнування.

В епіцентрі виникнення акустичних хвиль великої амплітуди, як показали подальші дослідження, метал не вступає в реакцію з кислотою травлення шліфів, гістограми розподілу мікротвердості по поверхні зразка, що показані на рис. 3, вказують на незначне, але її збільшення. Щільність потужності лазерного випромінювання при цьому становила $P = 1 \cdot 10^9$ Вт/см².

Висновки по роботі:

1. Поверхнева лазерна обробка більшості досліджуваних матеріалів (ВТ8, ВТ10) негативно впливає на їх характеристики втомленості при значних величинах діючих навантажень.

Це зумовлено, на наш погляд, зміною структури приповерхневих шарів, досить значними полями залиш-кових напружень, а також більш інтенсивним окисленням граней мікро-тріщин, поверхонь пустот, раковин, одночасним існуванням декількох фаз металів, складним розподілом легуючих елементів, що є характерним для «складних» матеріалів.

2. Комбінована обробка поверхні зразка лазерно-радіаційним та лазерно-акустичним опромінюванням дозволяє суттєво підвищити границю витривалості досліджуваних матеріалів, їх зносостійкість і корозійну стійкість.

3. Для однорідних матеріалів (ТЛ5) об'ємне радіаційно-акустичне опромінення, за рахунок зміни структурних характеристик, дає можливість значно поліпшити їх витривалість у всьому діапазоні повторно-змінних навантажень.

Список літератури: 1. *Harog H.* Warmeercheimenges dei der Verformung von mettalen und derer. Nutzung zur Danerfestingkeitsabshatzung / *H. Harog* // Gefuge und Bruch. – 1977. – № 3. – S. 300 – 310. 2. *Матаке Т.* Усталостное тепловыделение в стали при изгибе, кручении, комбинированном напряжении / *Т. Матаке, Я. Иваси* // Косю дайгану ое рикигаку капсюсехо. – 1976. – № 45. – С. 31 – 43. 3. *Писаренко Г.С.* Протекание пластических деформаций стали 12Х18Н10Т при циклическом симметричном изгибе образцов разной длины / *Г.С. Писаренко, В.А. Леонец, М.Д. Бега* // Проб. прочности. – 1983. – № 8. – С. 20 – 23. 4. *Горик О.В.* Характеристики міцності неоднорідних, внаслідок дії фізичних полів, конструкційних матеріалів при циклічних навантаженнях / *О.В. Горик, А.В. Башта* // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вибрації в техніці і технологіях». Вінниця: ВДСП. – 2000. – № 1 (13). – С. 44 – 46.

Надійшла до редколегії 19.05.09

666.3: 544.022.822

Є.В. АЛЕКСЄЄВ, В.В. КОЛЕДА, канд. техн. наук,
О.С. МИХАЙЛЮТА, канд. техн. наук,
Т.О. ШЕВЧЕНКО, канд. техн. наук, **Т.Ю. ШМАТЬКО**, пошукач,
Український державний хіміко-технологічний університет,
м. Дніпропетровськ, Україна

СКЛОЗВ'ЯЗКИ, ОДЕРЖАНІ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ – ЕФЕКТИВНІ АКТИВАТОРИ СПІКАННЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі представлені результати досліджень, спрямованих на одержання високоактивних композицій поліоксидного складу в системі $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ з використанням золь-гель методу.

Визначено раціональне співвідношення основних компонентів в розроблених ультрадисперсних порошках, введення яких наряду з традиційною склов'язкою забезпечує якісне спікання карбід-кремнієвої кераміки при 1200°C та дозволяє отримати міцність на стискання $910 - 930 \text{ кгс/см}^2$.

In paper given the research results aimed at obtaining of highly-active composites of poly-oxide composition in system $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ with usage of sole-gel method have been highlighted. The reasonable ratio of main components in developed ultradispersed powders has been determined. Their addition as well as traditional glass binder gives qualitative sintering of silicon carbide ceramics at 1200°C and permits to reach durability strength $910 - 930 \text{ kgp/cm}^2$.